

Química para un mundo sostenible: ¿Qué hacer desde los laboratorios?

Química per a un món sostenible: Què podem fer des dels laboratoris?
Chemistry for a sustainable world: What can we do from the laboratories?

Teresa Climent / Universitat de València



resumen

El presente trabajo pretende mostrar los logros conseguidos en los laboratorios docentes de la Facultad de Química de la Universitat de València tras el proceso de reducción de las cantidades con las que los estudiantes realizan las prácticas de química. El cambio de modelo de trabajo a una escala más reducida permite una serie de ventajas económicas y medioambientales a consecuencia de la disminución en las cantidades de residuos generados.

palabras clave

Química a microescala o a escala reducida, sostenibilidad, reducir, reusar, reciclar, rediseñar.

resum

Aquest treball pretén mostrar les fites aconseguides als laboratoris docents de la Facultat de Química de la Universitat de València després de la reducció de les quantitats de reactius en les pràctiques de química. El canvi de model de treball a una escala més reduïda permet una sèrie d'avantatges econòmics i mediambientals a conseqüència de la disminució en les quantitats de residus generats.

paraules clau

Química a microescala o a escala reduïda, sostenibilitat, reduir, reutilitzar, reciclar, redissenyar.

abstract

This paper discusses the achievements in reducing the usage of chemical reagents used by students in their practical work of the Faculty of Chemistry teaching laboratories, at the University of Valencia. The change to the smaller scale working model has both economic and environmental advantages as a consequence of the lower volume of residues generated.

keywords

Microscale or reduced chemistry, sustainability, reduce, reuse, recycle, redesign.

Introducción. Poca conciencia de peligrosidad para el medio ambiente

Entré a trabajar en la Facultad de Química de la Universitat de València hace una quincena de años y, a lo largo de este tiempo, he tenido la ocasión de conocer la poca sensación que tienen muchos químicos sobre la peligrosidad de trabajar con productos químicos, sobre todo la poca sensación de peligrosidad para el medio ambiente.

Todo aquello que intuía por conversaciones quedó registrado en un artículo publicado en *EduQ* (Carrascosa *et al.*, 2007), ya que, entre otras cosas, realizamos una encuesta entre profesores de secundaria en la cual se les pedía que clasificaran, según el grado de peligrosidad para las personas y/o el medio ambiente, un listado de reactivos, atendiendo al siguiente criterio:

- 1) Nada o muy poco.
- 2) Un poco.
- 3) Bastante.
- 4) Muy peligroso.
- 5) No lo sé.

La encuesta se pasó a profesores de física y química de secundaria en activo y a licenciados universitarios de ciencias que en 2006-2007 realizaron el Curso de Aptitud Pedagógica y que podemos considerar como «profesores en formación». Al analizar los resultados de la encuesta, lo que especialmente nos llamó la atención fue que, ante sustancias como el plomo, en la cual ningún profesor en activo contestó «no lo sé», sólo un 27,8% lo clasificó como «muy peligroso». De igual modo, ninguno de los dos colectivos catalogó como «muy peligrosos» para el medioambiente y/o para las personas productos como el sulfato de cobre (II), el permanganato de potasio, el dicromato de potasio o el yodo, que fueron calificados

como «muy peligrosos» por un porcentaje muy escaso de profesores tanto en formación como en activo (en general, menos del 12 %), lo que contrasta con su elevada peligrosidad real. Así, por ejemplo, las sales de cromo VI son compuestos carcinógenos demostrados y todos los anteriormente mencionados son muy tóxicos para el medio acuático.

Escaso interés en consultar las fichas de seguridad

También, a lo largo de estos años de trabajo en el laboratorio, he podido comprobar que son muy pocos los profesores, universitarios y de secundaria, que consultan o hacen consultar a sus alumnos las fichas de seguridad de un producto químico antes de manejarlo. Afortunadamente, la tendencia se está invirtiendo y son cada día más los que las consultan en la página del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (<http://www.insht.es>). En ellas, además de la información básica (nombre, fórmula, masa molecular, etc.), se pueden conocer cuáles son los riesgos específicos (frases R) y consejos de prudencia (frases S) atribuidos a las sustancias peligrosas.

Si analizamos el ejemplo concreto de las sales de cromo VI, en la ficha de seguridad del dicromato (VI) de dipotasio se detalla una serie de números correspondientes a frases R: 49-46-21-25-26-37/38-41-43-50/53 y frases S: 53-45-60-61.

Lo primero que uno debería preguntarse es si la cantidad de reactivos empleados para realizar una práctica de laboratorio es la adecuada. En la mayoría de las ocasiones, éstas están sobredimensionadas, posiblemente porque toda la vida se ha hecho así, por el miedo a que los alumnos no sean capaces de llegar al final de la experiencia sin haberlo perdido todo o, simplemente, por falta de tiempo para rediseñarla.

Frases R

- R49 Puede causar cáncer por inhalación.
- R46 Puede causar alteraciones genéticas hereditarias.
- R21 Nocivo en contacto con la piel.
- R25 Tóxico por ingestión.
- R26 Muy tóxico por inhalación.
- R37/38 Irrita las vías respiratorias y la piel.
- R41 Riesgo de lesiones oculares graves.
- R43 Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.
- R50/53 Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

Frases S

- S53 Evítense la exposición/recábense instrucciones especiales antes del uso.
- S45 En caso de accidente o malestar, acuda inmediatamente al médico (si es posible, muéstrela la etiqueta).
- S60 Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos.
- S61 Evítense su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad.

Resumiendo: todas aquellas sustancias que contienen frases R de la 50 a la 59 son nocivas, tóxicas o muy tóxicas para el medio ambiente, entendiendo como medio ambiente, los organismos acuáticos, la flora, la fauna, los

organismos del suelo, las abejas y la capa de ozono. En dichas sustancias, van parejos los consejos de prudencia de uso (o frases S de la 56 a la 61), los cuales nos indican que se debe eliminar el producto y su recipiente como residuos peligrosos, que se debe utilizar un envase de seguridad adecuado para evitar la contaminación del medio ambiente y, sobre todo, que se debe evitar su liberación a éste.

¿Qué hacer?

Así, pues, ante la lectura de los riesgos medioambientales que conlleva el uso de ciertos reactivos, cabe preguntarse: ¿qué hacer?

El objetivo de este artículo es dar a conocer las acciones puestas en marcha en los laboratorios docentes de la Facultad de Química, impulsados la mayoría de las veces por los propios técnicos de laboratorio.

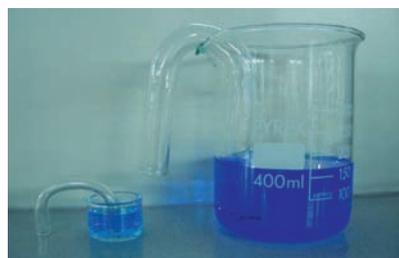
Reducir

Basándonos en el principio de las cuatro erres, es decir, reducir, reusar, reciclar y rediseñar, lo primero que uno debería preguntarse es si la cantidad de reactivos empleados para realizar una práctica de laboratorio es la adecuada. En la mayoría de las ocasiones, éstas están sobredimensionadas, posiblemente porque toda la vida se ha hecho así, por el miedo a que los alumnos no sean capaces de llegar al final de la experiencia sin haberlo perdido todo o, simplemente, por falta de tiempo para rediseñarla. Es en este caso en el que el papel de un técnico formado puede realizar la tarea de rediseño y puesta a punto, para que, sin alteración de los resultados y de los objetivos de cada operación, ésta se pueda realizar con un uso más reducido de reactivos y, por tanto, una menor generación de residuos.

Las preguntas clave son: ¿esta operación se puede realizar con

menos reactivo sin que cambie el resultado o sin que afecte al aprendizaje de los estudiantes?, ¿complica mucho la realización de la práctica o, por el contrario, tiene ventajas?, ¿va a costar dinero extra el rebajar cantidades?

Por tanto, lo primero que cabe realizar es un estudio comparativo para concluir que no se alteran los resultados y, posteriormente, comprobar que los alumnos no tienen dificultades para realizarlas. Ha sido de ese modo que, desde el año 2000 y empezando por el Laboratorio de Química General de la Facultad de Química, práctica tras práctica, se han ido rebajando las cantidades iniciales con las que realizarlas y se ha ido modificando el material del laboratorio, como tubos de ensayo, matraces (Erlenmeyer, aforados, de fondo redondo), etc., para conseguir adecuar el contenedor al contenido.



Trabajar a pequeña escala o a escala reducida.

Pero ¿hasta dónde hay que rebajar? Evidentemente, hasta la escala óptima, teniendo en cuenta siempre si el producto obtenido al realizar una experiencia se va a usar como reactivo de partida para la realización de otro apartado o para la realización de otra práctica, o bien si es el producto final. Hay que rebajar hasta los valores óptimos para trabajar cómodamente, que unas veces coinciden con lo que la IUPAC denomina *microescala* y otras no, pero siempre intentando trabajar a pequeña escala o a escala reducida.

En el Laboratorio de Química General, hemos cambiado todo tipo de matraces y mantas calefactoras (de 500 mL), buretas, vasos, pipetas, etc., por el material equivalente de menor capacidad. Así, pues, el material con mayor capacidad en dicho laboratorio son los matraces de 100 mL y el abanico se extiende hasta las pipetas automáticas de 100 μ L. Además, con el tiempo se rediseñaron ciertas prácticas para, empleando los mismos utensilios, reducir la cantidad inicial de reactivo, lo cual supuso un descenso en los residuos generados sin gasto económico extra en la compra de nuevo material. Así, por ejemplo, en la síntesis de un compuesto orgánico, la acetanilida, con el paso del tiempo se rebajó la cantidad de reactivos en un 75 %, pero utilizando el mismo matraz de fondo redondo y la misma manta de calefacción de 100 mL y actualmente se realiza con 1,0 mL de anilina, 10 mL de agua y 1,5 mL de anhídrido acético.

La Universitat de València cuenta en su plantilla con un soplador de vidrio que permite la fabricación de material que muchas veces no se encuentra en los catálogos. Es de este modo que, gracias a su ayuda, hemos diseñado un minicalorímetro (Climent, 2008) en el que pode-

mos trabajar con cantidades de 10 mL de reactivo, cuando con un calorímetro comercial como mínimo eran necesarios 100 mL.

Si bien es cierto que los centros de secundaria no disponen de un vidriero, existe la alternativa más económica consistente en un vaso de poliuretano, del modo que describen en los libros de química a microescala (Carrillo, 2002; Singh, et al., 1995), obteniendo con él unos resultados más que satisfactorios. Recientemente y dentro del marco del curso de formación de profesorado «Cómo motivar a los estudiantes a través de actividades científicas atractivas», los alumnos de primero de bachillerato del IES Enric Soler i Godes de Benifaió (Valencia), bajo la dirección de los profesores Joan Beferull, Estefanía Piles y Verónica Piles, fabricaron su propio calorímetro, con el que posteriormente realizaron una experiencia exotérmica y una endotérmica. La forma de construirlo fue tan sencilla como cortar una pieza de corcho y vaciar su interior con el diámetro adecuado para poder insertarle un vaso de precipitados de 50 mL en el centro. Al finalizar las experiencias, los alumnos respondieron a una serie de cuestiones en las que comentaron que les había parecido muy interesante la construcción del calorímetro y su aplicación, así como que la mayoría de los participantes había entendido el concepto de *microescala* y la importancia de su aplicación.

La idea de rebajar cantidades ha ido extendiéndose a lo largo de estos años a todos los montajes del Laboratorio de Química General y a cada vez más prácticas en todos los laboratorios de la Facultad de Química, no sólo en lo referente a prácticas docentes, sino también en investigación, y es en este último apartado que se ha diseñado un micro-Kjeldhal (Campins-Falcó et al., 2008) para la determinación de nitrógeno en



Calorímetro a escala reducida.

aguas. Comparado con el Kjeldhal comercial y sin perder precisión, el micro-Kjeldahl es más rápido, más limpio, más barato, más manejable, más eficiente, pero principal-

mente es más amistoso con el medio ambiente gracias a que genera menos residuos.

En la tabla 1 se detalla la relación de los principales reactivos

Producto	Consumo inicial	Consumo actual	Reducción absoluta	% Reducción
Cloroformo	60 L	25	35	60 %
Metanol	60 L	25	35	60 %
Hexacianoferrato (II) de potasio	2 kg	0,5	1,5	75 %
Hexacianoferrato (III) de potasio	2 kg	0,5	1,5	75 %
Cloruro de potasio	4 kg	1	3	75 %
Ácido sulfúrico conc.	4 L	2	2	50 %
Ácido malónico	1 kg	0,5	0,5	50 %
Bromato de potasio	1 kg	0,5	0,5	50 %
Sulfato de cerio (IV)	1 kg	0,5	0,5	50 %
Disulfuro de carbono	0,4 L	0,1	0,3	75 %
Disoluciones de complejos Ni	1 L	0,1	0,9	90 %
Tetracloruro de carbono	0,3 L	< 0,05	0,3	90 %
Acido fosfórico 0,25 M	10 L	5	5	50 %
Cloruro de lantano	0,3 kg	< 0,05	0,3	90 %
Acetato de zinc	1,4 kg	0,2	1,2	86 %
Hexacianoferrato (II) de potasio	0,6 kg	0,1	0,5	84 %
Hidróxido de sodio 1 M	20 L	2	18	90 %
Acido clorhídrico 1 M	20 L	2	18	90 %
Anilina	2 L	0,5	1,5	75 %
Anhídrido acético conc.	2,8 L	0,8	2	75 %
Acetato de etilo	3 L	0	3	100 %
Acetona	3 L	2	1	33 %
Acido acético conc.	3 L	2	1	33 %

Tabla 1. Relación de los principales reactivos en los que se ha rebajado el consumo en las prácticas realizadas en los laboratorios de la Facultad de Química. Se detalla en las columnas 2 y 3 el consumo inicial y el consumo actual, así como la reducción absoluta en litros o en kilos (columna 4) y la relativa (columna 5). El código de colores empleado es el siguiente: azul: química física; rojo: química inorgánica; verde: química analítica, y naranja: química general.

en los que se ha rebajado el consumo anual y con los que se han construido las gráficas que se muestran en la figura 1 para facilitar su análisis. Cabe resaltar que las mejoras introducidas suponen reducir en 35 L anuales el consumo de dos compuestos altamente tóxicos, tanto para los humanos como para el medio ambiente, como son el cloroformo y el metanol. La reducción del 100 % del acetato de etilo empleado en el Laboratorio de Química General es debido a que anteriormente este disolvente se dejaba evaporar en la vitrina, mientras que en la actualidad se recupera por destilación simple.

Trabajar a microescala, o a escala reducida, además de las ventajas medioambientales, lleva asociada otra serie de ventajas (Arnáiz *et al.*, 1999): en primer lugar, la reducción de la duración del experimento. Imaginemos el caso de una valoración, en la que tenemos menos reactivo que titular; evidentemente se tarda menos tiempo en realizarla. Pero si de lo que se trata es de una síntesis, o una destilación, además de tardar menos en cada uno de los pasos, se rebaja también el tiempo de calefacción y, por tanto, el gasto de luz o gas, y por supuesto el de agua de refrigeración, añadiendo ventajas medioambientales a las ya económicas.

Operando a microescala, la seguridad y la higiene en los laboratorios mejora considerablemente al disminuir la exposición por parte de los usuarios a los reactivos y a los posibles vapores que se puedan generar en un experimento. Del mismo modo, disminuye el riesgo por posibilidad de incendio, de explosión o de derrames.

El hecho de trabajar con material más pequeño, además de necesitar menos espacio de almacenamiento, permite una mayor manejabilidad (a tener en cuenta

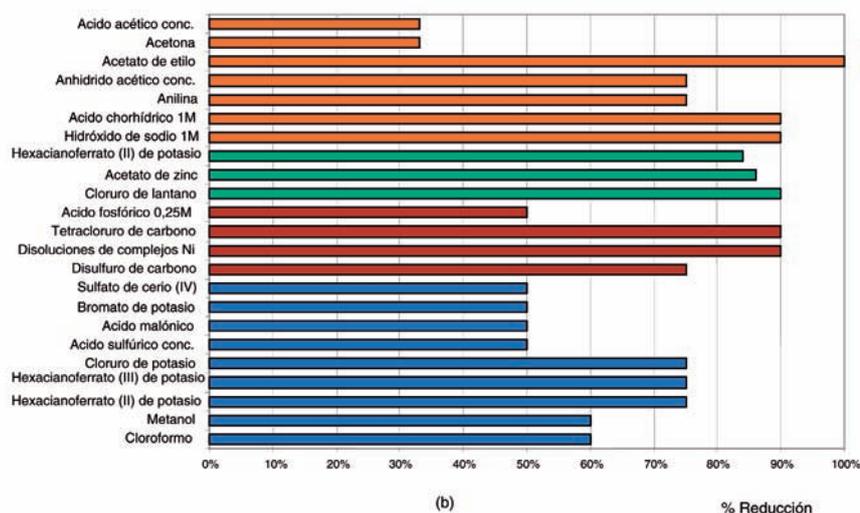
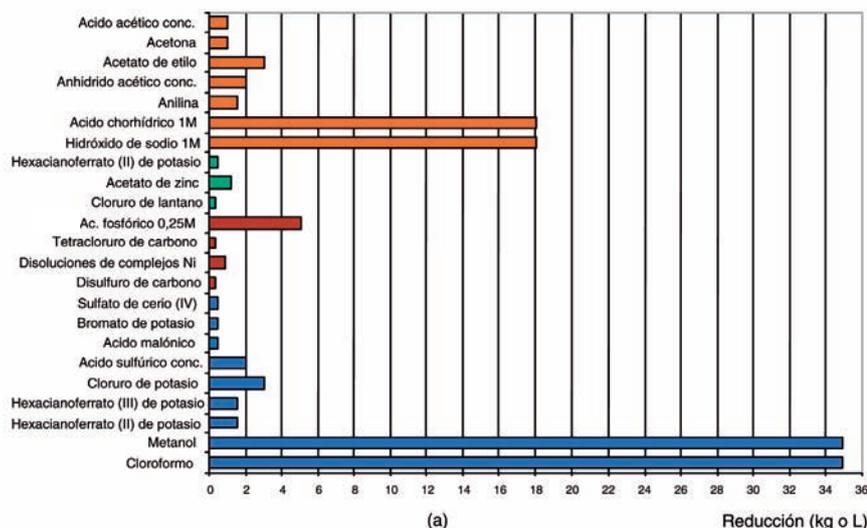


Figura 1. Reducción en el consumo de reactivos conseguido con los nuevos diseños de prácticas en los laboratorios docentes de la Facultad de Química. a) Cantidad en valor absoluto y b) en valor relativo (%) de reactivo.



Aparato micro-Kjeldahl.

en el caso de personas con discapacidades) y, por tanto, se producen menos roturas por caídas al suelo. Es más, aun produciéndose roturas inevitables, al ser el tamaño menor, repercute sustancialmente en una menor cantidad de vidrio roto.

Pero si hay dos ventajas primordiales de los laboratorios a pequeña escala, éstas son, en primer lugar, que el alumno ha de ser más cuidadoso con su tarea para no perder la pequeña cantidad de producto a lo largo de la experiencia y, en segundo lugar, pero mucho más importante, se está infundiendo conciencia medioambiental en las futuras generaciones, pues se está operando del modo más racional posible y, en definitiva, se está contribuyendo a una química verde. En este sentido, se cumple con el objetivo de convertirse en una sociedad del conocimiento dinámica, capaz de contribuir a sentar las bases de un futuro sostenible (Gil y Vilches, 2005).

¿Qué no hacer?

Llegados a este punto y recapitulando, sabemos que rebajar en inicio consigue generar menos

residuos, pero es inevitable generarlos. Y ahora hay que preguntarse: ¿qué hacer con ellos? La respuesta es clara: cualquier cosa menos lo que se ha hecho toda la vida, o sea, tirarlos por la pila.

Quisiera llamar la atención de los lectores de *EduQ* sobre algo tan al alcance de todos nosotros y que es el enemigo de la naturaleza por excelencia. Parece que todo lo que se tira por la pila «desaparece», siendo un problema menos; nadie controla al final del desagüe e incluso está fomentado, porque ¿quién no tiene un libro o guión de laboratorio que dice «Tirar el residuo por la pila/fregadero/desagüe, dejando correr el agua durante un tiempo largo para que se diluya»? Si se trata de plomo, por mucho que se diluya, llegará a un punto donde se «acumula», llegará a un punto donde se «bioacumula» y llegará a un punto donde nos «retorne» a los humanos.

Reusar

La coordinación entre los técnicos de los laboratorios de la Facultad de Química de Valencia, ha permitido que reutilicemos ciertos residuos generados en un



Pila galvánica a escala reducida.

GRUP 10: SALS I COMPOSTOS DE MERCURI, CROM VI I METALLS PESANTS RESIDU: PES: _____ UN 2024	DEPARTAMENT/SERVEI: EDIFICI: RESPONSABLE: TEL: DATA EMGAGATZEMATGE:
Q16//D15//L27//C16//C03//H06//A871//BOO19	LER 060404
UNIVERITAT DE VALÈNCIA Institut de Recerca, Anàlisi i Qualitat Ambiental Avda. Blasco Ibañeta, 11 46100 BURJASSOT, VALÈNCIA	Natura dels riscos: 

Etiqueta para residuos del grupo 10.

laboratorio como reactivos en las prácticas de otro. A modo de ejemplo, el Laboratorio de Química Inorgánica proporciona diferentes reactivos generados por sus alumnos en las prácticas a los laboratorios de Química Física (oxalato de hierro III y de potasio), Química Analítica (ferrocianuro de potasio) y Química General (cloruro de yodo). Y dentro del propio laboratorio siempre hay que estar atento por si el producto final de una práctica puede ser usado como reactivo en otra. Es éste el caso del nitrato de potasio generado en la práctica de determinación del calor de disolución de un sólido iónico, que se utiliza como disolución para rellenar el puente salino en la práctica de las pilas galvánicas.

Sería tan sencillo como mirar las prácticas que se realizan en cada laboratorio con otros ojos; no hacen falta nuevos protocolos, sólo hace falta un cambio de mentalidad para los ya existentes y adaptarlos a una escala reducida que permita generar menor cantidad de residuos



Recogida de residuos líquidos.

Reciclar

Y cuando ya no es posible re-usar, los técnicos ubicamos bidones debidamente etiquetados en cada una de las prácticas, lo que permite una recogida selectiva y una clasificación por grupos de los residuos generados.

Los alumnos son conscientes de que no hay que tirar nada por la pila... ni a la papelera.

Los residuos generados se recogen y se clasifican en diecinueve grupos, detallando en su etiqueta el tipo de residuo, la persona responsable, el departamento que lo genera, la fecha y el peligro que conlleva su manipulación, y es un gestor autorizado de residuos el que se encarga de su reciclado o destrucción. Se recogen selectivamente incluso los envases vacíos que han contenido las sustancias tóxicas o peligrosas, que no deben nunca mezclarse con envases de uso común.

Al finalizar el año, desde el Servicio de Seguridad, Salud y Calidad Ambiental, se envía a cada laboratorio una relación detallada de todos los residuos generados y cuánto ha costado su gestión. Actualmente es la propia universidad la que asume el gasto, y no cada departamento o

sección. Quizás convendría plantearse que si el gasto generado por gestionar los residuos se pagara desde cada unidad, sería una buena motivación para rebajar su generación en origen. Evidentemente, esto implicaría que, para evitar la tentación de deshacerse inadecuadamente de ellos (por ejemplo, a través del desagüe), sería exigible un control de los reactivos que se compran y de las cantidades que se utilizan, para poder trazar en todo momento los residuos generados.

Finalmente, desde la propia Facultad de Química se ha impulsado la instalación de un contenedor de recogida de aceite usado de cocina o aceite mineral, que tiene un alto poder contaminante de las aguas y que, de este modo, acaba reciclándose en la fabricación de combustible.

Rediseñar

La Universitat de València, fundada en 1499, es una de las universidades más importantes y antiguas de Europa y figura entre las cuatro mejores universidades españolas, conforme a los sistemas de acreditación más reconocidos, como el que mantiene la Universidad Jiao Tong de Shanghai.



En la actualidad cuenta con aproximadamente cincuenta y siete mil alumnos entre todas sus titulaciones, con más de tres mil trescientos docentes e investigadores y con cerca de mil setecientos empleados de administración y servicios, entre los cuales aparece un pequeño grupo del colectivo llamado *técnicos de laboratorio* de no más de cien personas. Ante el abrumador currículum que presenta la Universitat de València, cabe decir que el personal de



Contenedor para aceite usado.



Rediseñar:
antes y después.

laboratorio también puede aportar su granito de arena; podría parecer pretencioso, pero si de lo que se trata es de contribuir a un mundo más sostenible y, en concreto, a una química más sostenible, vale la pena intentarlo con todas las fuerzas. Recientemente hemos tenido ocasión de leer las recomendaciones de Vilches y Gil ante una situación de emergencia planetaria (Vilches y Gil, 2008), entre las cuales nos proponen que pequeñas acciones individuales, multiplicadas por millones de personas, pueden tener un efecto determinante para conseguir una sociedad sostenible. Por tanto, como profesionales (profesores, científicos, técnicos, etc.) podemos contribuir a «ambientalizar», según sus palabras, nuestro puesto de trabajo. Actualmente son muchas las universidades dónde se imparten enseñanzas relacionadas con la química, y son más de cuatro mil quinientos los centros de secundaria repartidos por toda la geografía española donde, en menor o mayor medida, se realizan experiencias en el laboratorio. Sería tan sencillo como mirar las prácticas que se realizan en cada laboratorio con otros ojos; no hacen falta nuevos protocolos, sólo hace falta un cambio de mentalidad para rediseñar los ya existentes y para adaptarlos a una escala reducida que permita generar una menor cantidad de residuos.

En 2009, ocho personas pertenecientes al colectivo de técnicos de laboratorio de la Facultad de Química hemos recibido el Premio a la Gestión Universitaria en la XV Edició Premis Universitat-Societat del Consell Social, de la Universitat de València, con el proyecto «Gestión de laboratorios hacia una química sostenible»

Personas integrantes del proyecto:

- Teresa García y Salomé Laredo (química analítica).
- Anabel Terraes y Sandra Jaén (química inorgánica).
- Pilar Selvi (química física).
- Ana Barberá, Rut García y Teresa Climent (química general).

Referencias Bibliográficas

- ARNÁIZ, F. J.; PIKE, R. M. (1999). «Microescala en los laboratorios de Química. Una revolución imparables». *Anales de la Real Sociedad de Española de Química*, núm. 1 (3), p. 45-51.
- CAMPINS-FALCÓ, P.; MESEGUER-LLORET S.; CLIMENT-SANTAMARIA T.; MOLINS-LEGUA, C. (2008). «A microscale Kjeldahl nitrogen determination for environmental waters». *Talanta*, núm. 75, p. 1123-1126.
- CARRASCOSA, J.; CLIMENT, T.; DOMÍNGUEZ, C.; PAYÁ, L. (2007). «Sostenibilidad y laboratorios escolares». *Educación Química*, núm. 18 (4), p. 311-322.
- CARRILLO, M. (2002). *Microescala: Química general. Manual de laboratorio*. 4ª ed. México DF: Pearson Educación.

- CLIMENT, T. (2008). «A small glass calorimeter». *The Chemical Educator*, núm. 13, p. 295-296.
- GIL, D.; VILCHES, A. (2005). «La participación en el debate educativo como deber ciudadano. Comentarios y sugerencias en torno al documento "Una educación de calidad para todos y entre todos"». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, núm. 2 (2), p. 251-268.
- SINGH, M.; PIKE, R.; SZAFRAN, Z. (1995). *Microscale and selected macroscale experiments for general and advanced general chemistry*. Nueva York: John Wiley and Sons.
- VILCHES, A.; GIL, D. (2008). «Educació química i sostenibilitat». *Educació Química EduQ*, núm. 1, p. 30-39.



Teresa Climent

es licenciada en ciencias químicas y en farmacia por la Universitat de València. Trabaja en la Facultad de Química de la Universitat de València como técnica de laboratorio, especialmente dedicada a la remodelación de las prácticas de los laboratorios docentes. Imparte cursos de química a microescala para técnicos de laboratorio de la Universitat de València y para docentes de secundaria a través del Centro de Formación, Innovación y Recursos Educativos (CEFIRE) de Valencia. Ha participado en jornadas de química a microescala y en jornadas de enseñanza de la química. Ha realizado estancias en el extranjero y ha recibido el Premio a la Gestión Universitaria en la XV Edició Premis Universitat-Societat del Consell Social, con el proyecto «Gestión de laboratorios hacia una química sostenible».

A. e. Teresa.Climent@uv.es